

Agrartechnik in Tropen und Subtropen

Joachim Müller,
Institut für Agrartechnik, Universität Hohenheim

Kurzfassung

Wasser und Energie zählen zu den natürlichen Ressourcen, welche durch steigende Nutzungsintensität zunehmend knapper werden. Durch die Entwicklung von wassersparenden Steuerungssystemen für die Bewässerung sowie von dezentralen Energieversorgungssystemen auf der Basis der Biogasproduktion leistet die Agrartechnik einen wichtigen Beitrag zum Ressourcenschutz in Entwicklungsländern. Darüber hinaus werden durch die Verbesserung der Nacherntetechnologie und der damit verbundenen Wertsteigerung zusätzliche Einkommensquellen für Kleinbauern erschlossen.

Schlüsselwörter

Bewässerungssteuerung, Thermographie, Biogas, Fruchttrocknung, Laserstreuung

Agricultural Engineering in Tropics and Subtropics

Joachim Müller,
Institute of Agricultural Engineering, Universität Hohenheim

Abstract

Water and energy are natural resources that are running short more and more due to increasing intensity of utilization. By developing water saving irrigation control systems and de-centralized energy provision systems agricultural engineering contributes essentially to resource protection in developing countries. Furthermore, additional income is generated for small-holders by improvement of postharvest technology and combined value adding.

Keywords

Irrigation control, thermography, biogas, drying of fruit, laser scattering

Bewässerung

Die Agrartechnik kann im Bereich der Bewässerung auf unterschiedliche Arten zur Einsparung von Wasser beitragen. Zum einen kann durch Weiterentwicklung der Bewässerungstechnologie die Wasserverteilung auf dem Feld präziser erfolgen, wodurch Wasserverluste durch Luxuswassergaben vermieden werden [1]. Zum anderen kann durch eine Verbesserung der Wasserbedarfsbestimmung die Applikationsmenge genauer angepasst werden. Hierbei stellt der Wassergehalt des Bodens eine vielfach verwendete Regelgröße dar, wobei der Bodenwassergehalt auf unterschiedliche Weise gemessen werden kann. Entscheidend ist hier weniger der absolute Wassergehalt als vielmehr die Pflanzenverfügbarkeit. Deshalb ist eine Messung der Saugspannung mittels Tensiometer zu bevorzugen, da diese Saugspannung auch von der Pflanzenwurzel aufgebracht werden muss, um dem Boden Wasser zu entziehen. Diesem Konzept folgend wurde basierend auf einem Tensiometer ein kostengünstiges, rein mechanisches System zur Bewässerungsregelung entwickelt [2]. Der im Tensiometer bei Austrocknung entstehende Unterdruck wird genutzt, um ein Hilfsventil zu öffnen und damit einen kleinen Wasserbehälter zu füllen, welcher durch sein Gewicht das Hauptventil der Bewässerungsanlage öffnet. Durch den steigenden Wassergehalt im Boden, sinkt der Saugdruck im Tensiometer und ein weiteres Hilfsventil öffnet den Wasserbehälter, wodurch das Hauptventil durch ein Gegengewicht wieder verschlossen wird (**Bild 1**).

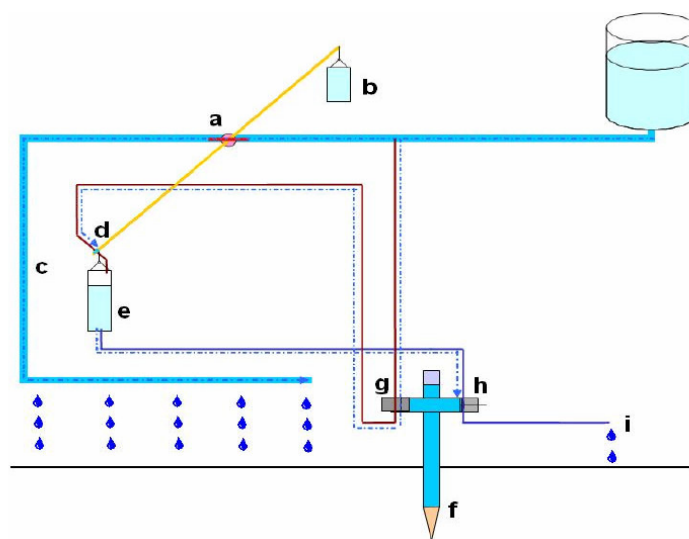


Bild 1: Mechanisches System zur Bewässerungsregelung, (a) Hauptventil, (b) Gegengewicht, (c) Hauptbewässerungsleitung, (d) Nebenleitung zur Befüllung des Gewichtgefäßes, (e) Gewichtgefäß, (f) Tensiometer, (g) Hilfsventil öffnet bei hoher Saugspannung, (h) Hilfsventil öffnet bei geringer Saugspannung, (h) Nebenleitung zur Entleerung des Gewichtgefäßes, (i) Auslass [2].

Figure 1: Mechanical system for irrigation control, (a) main valve, (b) counter weight, (c) main irrigation line, (d) secondary line for filling the weight cylinder, (e) weight cylinder, (f) tensiometer, (g) supporting valve opens at high tension, (h) supporting valve opens at low tension, (h) secondary line for emptying the weight cylinder, (i) outlet [2].

Direkter noch als über die Saugspannung im Boden, kann der Wasserbedarf an der Pflanze selbst ermittelt werden. Hierzu kann die Blatttemperatur herangezogen werden, welche durch Verdunstungskühlung bei geöffneten Stomata unterhalb der Temperatur einer trockenen Oberfläche liegt. Bei Wasserstress schließen die Stomata zunehmend, was sich in einer Verringerung dieser Temperaturdifferenz äußert. Hieraus wurde eine Maßzahl für den Wasserstress eines Pflanzenbestandes abgeleitet, der crop water stress index (CWSI), welcher bei steigendem Wassermangel ausgehend vom Wert 0 zunimmt und bei völligem Schließen der Stomata den Wert 1 erreicht. Bei Messungen der Blatttemperaturen in zwei Maissorten mittels Thermographie bei gleichzeitiger Messung der stomatären Leitfähigkeit konnte ein Sorteneinfluss nachgewiesen werden, d.h. die stresstolerante Sorte zeigte bei gleichem Blattwasserpotenzial einen geringeren CWSI. Als Grenzwert für den Bewässerungsbeginn konnte ein CWSI von 0,6 abgeleitet werden [3]. Obwohl die Preise für Wärmebildkameras im Fallen begriffen sind, kann die Thermographie noch nicht für praktische Anwendungen in Entwicklungsländern empfohlen werden, zumal die CWSI-Werte für unterschiedliche Kulturen erst erstellt werden müssen [4]. In der Pflanzenzüchtung leistet sie jedoch bereits schon jetzt eine beachtliche Hilfe. Beim Einsatz in einem Maiszüchtungsprogramm am CIMMYT (Mexiko) konnte mittels der Thermographie die Wasserstresstoleranz von 150 Genotypen binnen weniger Stunden auf dem Feld für die anschließende Auswertung erfasst werden [5;6]. Die Genotypen wurden reihenweise in einem randomisierten Blockdesign gesät, so dass pro Wärmebilddaufnahme immer mehrere Genotypen im direkten Vergleich sichtbar wurden. **Bild 2** zeigt links die Wärmebilddaufnahme mit Falschfarben für die Blatttemperatur und rechts das entsprechende Digitalfoto zur sicheren Identifizierung der Reihen und damit der unterschiedlichen Genotypen.

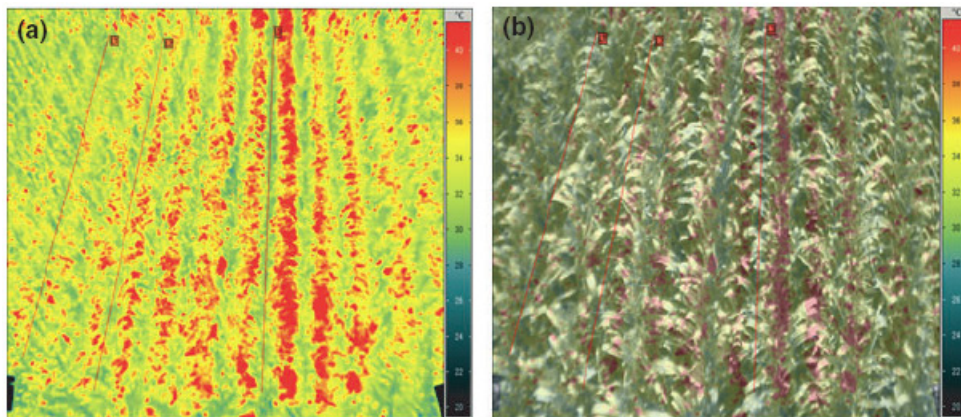


Bild 2: Bestimmung von Wasserstress bei verschiedenen Maisgenotypen, (a) Wärmebilddaufnahme, (b) Digitalfoto [6].

Figure 2: Detection of water stress in various maize genotypes, (a) thermo-image, (b) digital image [6].

Eine weitere Maßnahme zur Einsparung von Wasser stellt die gezielte Defizitbewässerung dar. Bei Baumkulturen wie Mango wurde hier erfolgreich das so genannte Partial Root-Zone Drying (PRD) entwickelt. Hierbei wird die aus der klimatischen Wasserbilanz errechnete Wassergabe bis zu 50 % reduziert und alternierend auf die beiden Hälften der

Baumscheiben appliziert. In der austrocknenden Wurzelzone werden Pflanzenhormone gebildet, welche den Wasserverbrauch des Baumes durch verminderte Transpiration einschränken. Diese Methode wurde inzwischen erfolgreich in Thailand in der kommerziellen Mangoproduktion angewandt [7]. Dabei hat sich der Blattgehalt an Prolin ((S)-Pyrrolidin-2-carbonsäure) als möglicher Indikator für den Wasserstress erwiesen, welcher für die Optimierung der Frequenz des Seitenwechsels herangezogen werden kann. Im Verlauf dieser Untersuchung hat sich auch die Bestimmung des Fruchtwachstums von Mango aus einfach zu bestimmenden geometrischen Größen als sehr hilfreich erwiesen [8].

Energie

Aufgrund der mangelnden Verfügbarkeit fossiler Energie in Entwicklungsländern bietet sich der Einsatz erneuerbarer Energieträger geradezu an. Oft stellt die Verwendung traditioneller Biomasse in Form von Holz, Ernterückständen und Dung die einzige Quelle von Haushaltsenergie dar. Neben dem Problem der zunehmenden Entwaldung resultiert hieraus auch eine stetige Verarmung der Böden. Zumindest die Asche sollte auf die Felder zurückgebracht und gezielt eingesetzt werden, um die Düngewirkung der mineralischen Bestandteile zu nutzen [9]. Der in der Biomasse enthaltene Stickstoff geht jedoch bei der Verbrennung als gesundheits- und umweltschädliche Emission an die Atmosphäre verloren. Speziell bei Dung stellt die Biogasproduktion eine wesentlich bessere Alternative dar. Neben der Gewinnung eines hochwertigen Energieträgers, welcher nicht nur in Haushaltskochern eingesetzt werden kann, sondern auch zur Beleuchtung, entsteht ein wertvoller Dünger in Form der Gärreste. Bei der Behandlung der Gärreste muss darauf geachtet werden, dass der Stickstoff nicht in Form von Ammoniakausgasungen verloren geht [10]. Unter kleinbäuerliche Betriebsbedingungen ist eine direkte Ausbringung und Einarbeitung in den Boden einer Trocknung vorzuziehen. Eine ökonomische Studie in Äthiopien zeigte, dass die staatlich propagierten Biogasanlagen mit den derzeitigen Subventionen auf Haushaltsebene wirtschaftlich arbeiten. Aber auch ohne Subventionen stellt Biogas eine kostengünstigere Energieform dar als die Verbrennung von Holz und Dung, sofern die Düngewirkung der Gärreste monetär berücksichtigt wird [11]. Um einen Vergleich bezüglich der Umweltwirkung beider Verfahren erstellen zu können, wurde eine Life Cycle Assessment (LCA) Analyse durchgeführt. Dabei ergaben sich für Biogas neben geringeren Umweltwirkungen in den Kategorien Eutrophierung und Versauerung auch geringere CO₂-Äquivalente als für die Dungverbrennung [12].

Nacherntetechnologie

Im Bereich der Nacherntetechnologie kommt der Trocknung eine besondere Bedeutung zu, da sie nicht nur der Haltbarmachung von Lebensmitteln dient, sondern auch eine Veredelungsstufe darstellen kann. Dies trifft insbesondere auf die Trocknung von Früchten zu, da Prozessschritte wie beispielweise das Schälen und Entsteinen bei Litchi zu einem neuen Produkt führt, welches bei entsprechender Verpackung als Convenience Food gehandelt werden kann. Zur Verbesserung der Trocknung von Litchi und Longan wurden in Grundlagenuntersuchungen die optimalen Trocknungsbedingungen bezüglich Temperatur,

rel. Feuchte und Luftgeschwindigkeit sowie der Vorbehandlung der Früchte bestimmt [13 bis 15]. Basierend auf diesen Erkenntnissen war es dann möglich, geeignete Trocknungsverfahren bei Farmerkooperativen in Thailand zu etablieren und Trockenfrüchte in Exportqualität zu produzieren [16; 17].

Um den richtigen Feuchtegehalt für die Lagerung zu bestimmen, muss in empirischen Messungen die Sorptionsisotherme als spezifische Produkteigenschaft für jedes Trocknungsgut eigens erstellt werden. Dies erfolge bislang überwiegend nach der gravimetrischen Methode, wobei das Produkt in unterschiedlichen, mittels spezifischer Salzlösungen eingestellten Atmosphären gelagert wurde, bis der Feuchtegehalt durch Desorption oder Adsorption den Gleichgewichtszustand erreichte. Dies ist eine sehr zeitaufwändige Methode und führt besonders bei Einstellungen mit hoher rel. Feuchte oft zum Gutverderb bevor das Gleichgewicht erreicht ist. Aus diesem Grund wurde an der Universität Hohenheim die Dynamic Vapor Sorption (DVS) Methode weiterentwickelt [18]. Hierbei wird die rel. Feuchte in einem programmierbaren Klimaschrank schrittweise verändert, wobei die Temperatur konstant gehalten wird. Fünf Probenhalter sind mittels Stäben, welche durch die Kammerdecke geführt sind, an Präzisionswagen befestigt. Auf diese Weise kann das Gewicht und damit der Feuchtegehalt von Produktproben kontinuierlich erfasst werden. **Bild 3** zeigt den stufenförmigen Anstieg der rel. Feuchte in der Klimakammer, sowie den darauf reagierenden Feuchtegehalt von Melisse, Kamille und Baldrian [19].

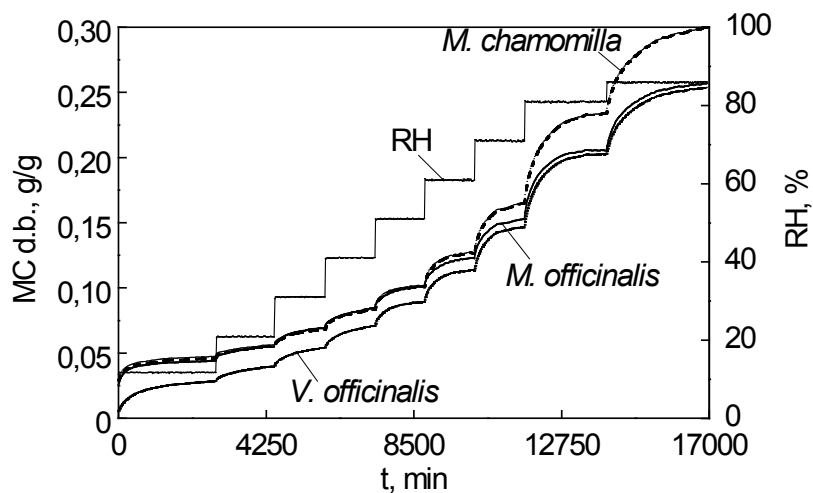


Bild 3: Bestimmung der Sorptionsisothermen nach der Dynamic Vapor Sorption (DVS) Methode mit stufenförmiger Anhebung der rel. Feuchte (RH) und reagierendem Feuchtegrad (MC d.b.) von Melisse (*M. officinalis*), Kamille (*M. chamomilla*) und Baldrian (*V. officinalis*) [19].

Figure 3: Establishing of sorption isotherms according the dynamic vapor sorption (DVS) method with stepwise increase of rel. humidity (RH) and reacting moisture content (MC d.b.) of balm (*M. officinalis*), chamomile (*M. chamomilla*) and valerian (*V. officinalis*) [19].

Zur Steuerung von Trocknungsprozessen, muss die Produktfeuchte im Trocknungsverlauf bekannt sein. Bislang bekannte Sensoren beruhen meist auf der Messung der dielektrischen Eigenschaften des Trocknungsgutes, welche sich mit dem Wassergehalt ändern. Solche Sensoren sind teuer und finden nur zögerlich Eingang in die Praxis. Eine Lösung könnte sich aus dem Einsatz von Lasern ergeben, deren Kosten durch Massenproduktion stark gesunken sind. Laserlicht dringt einige Millimeter in das Gewebe von Gutproben ein und wird dabei gestreut. Diese Streuung erzeugt auf der Oberfläche einen Lichthof um den Eintrittspunkt, dessen Intensität und Radius vom Wassergehalt des Gewebes abhängt (**Bild 4**) [20].

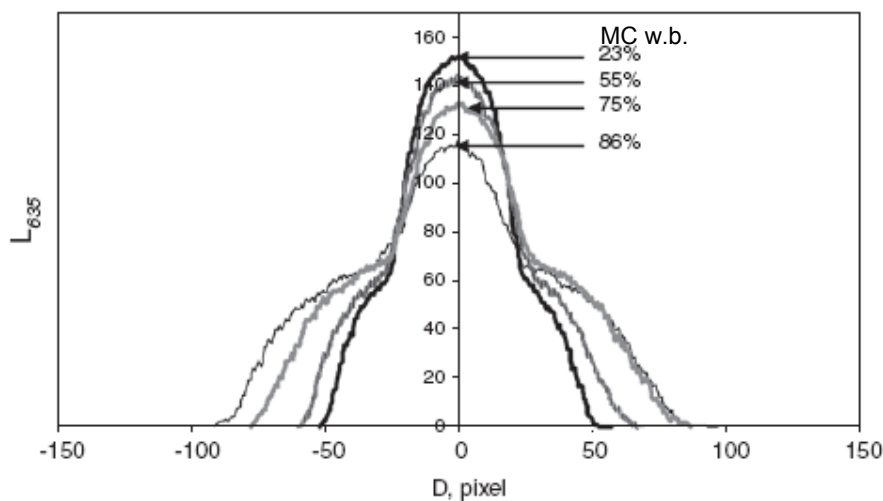


Bild 4: Lumineszenz bei einer Wellenlänge von 635 nm (L635) über dem Durchmesser des Lichthofs (D) auf Apfelscheiben bei unterschiedlichem Feuchtegehalt (MC) [20].

Figure 4: Luminescence at a wavelength of 635 nm (L635) versus scattering diameter (D) in apple tissue at different moisture content (MC) [20].

Diese Methode wird derzeit an unterschiedlichen tropischen Produkten versuchsweise angewandt, wobei auch die Aussagekraft für andere Parameter, wie Farbe und Festigkeit untersucht werden [21; 22]. Bei Farmerkooperativen ist ein Einsatz robuster und kostengünstiger Sensoren zur Fruchttrocknung in naher Zukunft denkbar, sofern durch damit erreichbare Prozessverbesserungen Exportqualität erzielt werden kann.

Zusammenfassung

Durch die Entwicklung von wassersparenden Steuerungssystemen für die Bewässerung sowie von dezentralen Energieversorgungssystemen auf der Basis der Biogasproduktion leistet die Agrartechnik einen wichtigen Beitrag zum Ressourcenschutz in Entwicklungsländern. Darüber hinaus werden durch die Verbesserung der Nachernte-technologie und der damit verbundenen Wertsteigerung zusätzliche Einkommensquellen für Kleinbauern erschlossen. Die Entwicklung kostengünstiger Sensoren, ist eine Voraussetzung für einen künftigen Einsatz in Entwicklungsländern, beispielsweise bei Farmerkooperativen zur Weiterverarbeitung von Lebensmitteln.

Literatur

- [1] Spreer, W., Schulze, K., Srikasetsarakul, U., Ongprasert, S., Müller, J.: Introduction of micro-sprinkler systems to mango production into the uplands Northern Thailand. In: Proceedings of the CIGR International Symposium on "Sustainable Bioproduction - Water, Energy and Food", 19./23.9.2011 Tokyo, S. 1-6.
- [2] Pinmanee, S., Spreer, W., Spohrer, K., Ongprasert, S., Müller, J.: Development of a low-cost tensiometer driven irrigation control unit and evaluation of its suitability for irrigation of lychee trees in the uplands of Northern Thailand in a participatory approach. Journal of Horticulture and Forestry 3 (2011) H. 7, S. 226 - 230.
- [3] Zia, S., Spohrer, K., Wenyong, D., Spreer, W., Romano, G., He, X., Müller, J.: Monitoring physiological responses to water stress in two maize varieties by infrared thermography. Int. Journal of Agricultural & Biological Engineering 4 (2011) H. 3, S. 7-15.
- [4] Schulze, K., Wanwisa, J., Spreer, W., Ongprasert, S., Wiriya-Alongkorn, W., Müller, J.: Monitoring water stress responses of *Ipomoea Aquatica* (Forssk.) by thermal imaging in different soil materials of Northern Thailand. In: Tropentag 2011, 5./7.10.2011 Bonn, S. 1-5.
- [5] Romano, G., Zia, S., Spreer, W., Sanchez, C., Cairns, J., Araus, J. L., Müller, J.: Use of thermography for high throughput phenotyping of tropical maize adaptation in water stress. Computers and Electronics in Agriculture 79 (2011) H. 1, S. 67-74.
- [6] Zia, S., Romano, G., Spreer, W., Sanchez, C., Cairns, J., Araus, J.L., Müller, J.: Infrared Thermal Imaging as a Rapid Tool for Identifying Water-Stress Tolerant Maize Genotypes of Different Phenology. Journal of Agronomy & Crop Science (2012), S. 1-10.
- [7] Srikasetsarakul, U., Spreer, W., Ongprasert, S., Wiriya-Alongkorn, W., Sringarm, K., Sruamsiri, P., Müller, J.: Biomass formation and nutrient partitioning in potted longan trees under partial rootzone drying. Acta Horticulturae 889 (2011), S. 587-592.
- [8] Spreer, W., Müller, J.: Estimating the mass of mango fruit (*Mangifera indica*, cv.ChokAnan) from its geometric dimensions by optical measurement. Computers and Electronics in Agriculture 75 (2011) H. 1, S. 125-131.
- [9] Herrmann, L., Oumarou, H. M., Diallo, M., Dicko, S., Ouedraogo, M., Haussmann, B. I. G., Müller, J., Waliyar, F., Stahr, K.: Let's go marginal - Strategien der Holzaschädigung für subsistenzorientierte Betriebe in Westafrika. In: Tagungsband der Jahrestagung der DBG "Böden - eine endliche Ressource", 3./9.9. 2011 Berlin, S. 1-4.
- [10] Maurer, C., Müller, J.: Ammonia (NH₃) emissions during drying of untreated and dewatered biogas digestate in a hybrid waste-heat/solar dryer. Eng. Life Sci. 12 (2012) H. 3, S. 321-326.
- [11] Gwavuya, S., Abele, S., Barfuss, I., Zeller, M., Müller, J.: Household energy economics in rural Ethiopia: A cost-benefit analysis of biogas energy. Renewable Energy 48 (2012), S. 202-209.
- [12] Lansche, J., Schock, S., Müller, J.: Life cycle assessment on the substitution of dung combustion by biogas systems in Ethiopia. In: Tropentag 2011, 5./7.10.2011 Bonn, S. 1-5

- [13] Janjai, S., Lamler, N., Mahayothee, B., Bala, B. K., Precoppe, M. F., Müller, J.: Thin layer drying of peeled longan (*Dimocarpus longan* Lour.). Food Science and Technology Research 17 (2011) H. 4, S. 279-288.
- [14] Janjai, S., Precoppe, M. F., Lamler, N., Mahayothee, B., Bala, B. K., Nagle, M., Müller, J.: Thin-layer drying of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). Food and Bioproducts Processing 89 (2011) H. 3, S. 194-201.
- [15] Mahayothee, B., Udomkun, P., Nagle, M., Haewsungcharoen, M., Janjai, S., Müller, J.: Effects of pretreatments on colour alterations of litchi during drying and storage. European Food Research and Technology 229 (2009) H. 2, S. 329-337.
- [16] Janjai, S., Lamler, N., Mahayothee, B., Sruamsiri, P., Precoppe, M. F., Bala, B. K., Müller, J.: Experimental and simulated performance of a batch-type longan dryer with air flow reversal using biomass burner as a heat source. Drying Technology 29 (2011) H. 12, S. 1439-1451.
- [17] Precoppe, M. F., Nagle, M., Janjai, S., Mahayothee, B., Müller, J.: Analysis of dryer performance for the improvement of small-scale litchi processing. International Journal of Food Science & Technology 46 (2011) H. 3, S. 561-569.
- [18] Argyropoulos, D., Rainer, A., Kohler, R., Müller, J.: Moisture sorption isotherms and isosteric heat of sorption of leaves and stems of lemon balm (*Melissa officinalis* L.) established by dynamic vapor sorption. LWT - Food Science and Technology 47 (2012), S. 324-331.
- [19] Argyropoulos, D., Müller, J.: An automated system for the determination of moisture sorption isotherms. In: International Conference of Agricultural Engineering CIGR-AgEng2012, 8./12.7.2012 Valencia, S. 1-6.
- [20] Romano, G., Nagle, M., Argyropoulos, D., Müller, J.: Laser light backscattering to monitor moisture content, soluble solid content and hardness of apple tissue during drying. Journal of Food Engineering 104 (2011) H. 4, S. 657-662.
- [21] Romano, G., Argyropoulos, D., Nagle, M., Khan, M. T., Müller, J.: Combination of digital images and laser light to predict moisture content and color of bell pepper simultaneously during drying. Journal of Food Engineering 109 (2012) H. 3, S. 438-448.
- [22] Romano, G., Nagle, M., Müller, J.: Monitoring physical parameters of tropical fruits during drying by application of laser light in the VIS/NIR spectrum. In: Int. Conference of Agricultural Engineering CIGR-AgEng2012, 8./12.7.2012 Valencia, S. 1-5.

Bibliografische Angaben / Bibliographic Information

Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation

Müller, Joachim: Agrartechnik in Tropen und Subtropen. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2012. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2012. – S. 1-8

Zitierfähige URL / Citable URL

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00043481>

Link zum Beitrag / Link to Article

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/61.html>